



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **104442** (13) **C2**
(51) МПК (2014.01)
G06T 5/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки:	а 2011 08308	(72) Винахідник(и):	Рєбоні Вольдемар Освальдовіч (RU), Мазуров Анатолій Івановіч (RU), Лейферкус Ян Сергєєвіч (RU)
(22) Дата подання заявки:	21.10.2010	(73) Власник(и):	ЗАКРИТОЄ АКЦІОНЕРНОЄ ОБЩЕСТВО "ІМПУЛЬС",
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	10.02.2014		ул. Студенческая, д. 10, г. Санкт-Петербург, 197343, Российская Федерация (RU)
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	2010123733	(74) Представник:	Зуєва Олена Миколаївна, реєстр. №249
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	08.06.2010	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	EP 2120040 A1; 18.11.2009 US 2003161519 A1; 28.08.2003 EP 1345170 A1; 17.09.2003
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	RU		
(41) Публікація відомостей про заявку:	25.02.2013, Бюл.№ 4		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	10.02.2014, Бюл.№ 3		
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	PCT/RU2010/000612, 21.10.2010		

(54) СПОСІБ КОРЕКЦІЇ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

(57) Реферат:

Пропонується спосіб корекції цифрового зображення, отриманого за допомогою електромагнітного випромінювання, у тому числі рентгенівського, перетвореного в електричний сигнал і спрямованого на формувач цифрового зображення, який полягає в тому, що здійснюють пірамідальне розкладання вихідного цифрового зображення на деталізуючі і апроксимуючі зображення, видаляють розсіяне випромінювання в апроксимуючій частині зображень, проводять процес підвищення контрасту й шумозаглушення для деталізуючих зображень, об'єднують оброблені деталізуючі і апроксимуючі зображення, проводять наступну реконструкцію й формування кінцевого зображення. Результатом застосування даного способу обробки зображення є видалення (пригнічення) компонента розсіяного випромінювання, шумозаглушення, корекція динамічного діапазону вихідного зображення відповідно до динамічного діапазону пристрою виводу й масштабування динамічного діапазону вихідного зображення відповідно до динамічного діапазону початкового зображення.

UA 104442 C2

Винахід стосується галузі обробки цифрових зображень і може бути використано, для рішення задач обробки цифрових зображень, отриманих за допомогою високоенергетичного випромінювання, у тому числі рентгенівського.

Попередній рівень техніки

В опромінюваному об'єкті виникає розсіяне випромінювання, що має сильний вплив на виявленість деталей в отриманих зображеннях. Розсіювання приводить до зменшення контрасту, денситометричної неточності й втраті чіткості зображення. Звичайні способи обігу з ефектами розсіювання спрямовані на зменшення інтенсивності розсіяного випромінювання, що досягає приймача зображень (Sorenson, J. A., and Niklason, L. T., 1988, Progress in Medical Imaging, edited by V. L. Newhouse (New York: Springer), pp. 159-184). Такі способи можуть застосовуватися, у багатьох випадках, тільки шляхом трикратного й більше збільшення дози, а також шуму одержуваного зображення.

Звичайні способи вирішують задачу зменшення впливу розсіювання у вихідному зображенні за рахунок застосування ґрат, повітряних проміжків і колімації пучка. Ці способи зменшують компонент розсіяного випромінювання в загальному сигналі розсіювання на приймачі. Однак, вони видаляють його не повністю й не роблять прямого впливу на компонент вуалі. Крім того, використання ґрат або повітряних проміжків приводить до значним збільшень дози (Sorenson, J. A., and Niklason, L. T., 1988, Progress in Medical Imaging, edited by V. L. Newhouse (New York: Springer), pp. 159-184).

Компенсація ефектів розсіювання може бути полегшена використанням комп'ютеризованих процесорів зображення, підключених до приймача зображення - цифрових систем рентгенографії й рентгеноскопії (Maher, K. P., and Malone, J. F., 1986, Contemp. Phys., 27, 533). Розроблені способи компенсації звичайно містять у собі обчислення поля розсіяного випромінювання й вирахування цього поля зі

звичайного зображення (Love, L. A., and Kruger, R. A., 1987, Medical Physics, 14, 178).

Найбільш близьким способом до технічного рішення, що заявляється, є спосіб корекції цифрового зображення (Патент № EP2120040A1, опублікований 18.11.2009), отриманого за допомогою електромагнітного випромінювання, у тому числі рентгенівського, перетвореного в електричний сигнал і спрямованого на формувач цифрового зображення, що полягає в тому, що здійснюють пірамідальне розкладання вихідного цифрового зображення, на деталізуючі і апроксимуючі зображення видалення розсіяного випромінювання в апроксимуючій частині зображень, проведення процесу підвищення контрасту для деталізуючих зображень, об'єднання оброблених деталізуючих і апроксимуючих зображень, наступну реконструкцію й формування кінцевого зображення.

Недоліком цього способу є те, що в ньому не забезпечена можливість корекції амплітудної й частотної характеристик зображення, шумозаглушення, видалення впливу розсіяного випромінювання й корекції динамічного діапазону зображення відповідно до динамічного діапазону передбачуваного пристрою виводу.

Розкриття винаходу

Технічним результатом винаходу є можливість корекції амплітудної й частотної характеристик зображення, шумозаглушення, можливість видалення впливу розсіяного випромінювання й корекції динамічного діапазону зображення відповідно до динамічного діапазону передбачуваного пристрою виводу.

Зазначений технічний результат у способі корекції цифрового зображення, отриманого за допомогою електромагнітного випромінювання, у тому числі рентгенівського, перетвореного в електричний сигнал і спрямованого на формувач цифрового зображення, що полягає в тому, що здійснюють пірамідальне розкладання вихідного цифрового зображення на деталізуючі і апроксимуючі зображення, видалення розсіяного випромінювання в апроксимуючій частині зображень, здійснюють процес підвищення контрасту для деталізуючих зображень, об'єднання оброблених деталізуючих і апроксимуючих зображень, наступну

реконструкцію й формування кінцевого зображення, досягається тим, що перед названою операцією розкладання визначають динамічний діапазон зображення й здійснюють корекцію амплітудної характеристики, після названої операції розкладання визначають відношення сигналу до шуму, здійснюють шумозаглушення в деталізуючих/зображеннях, виконують корекцію деталізуючих зображень відповідно до коефіцієнта корекції частотної характеристики, що визначають із врахуванням динамічного діапазону вихідного пристрою, функції передачі модуляції формувача вихідного цифрового зображення, заданого ступеня корекції деталізуючих зображень і отриманого співвідношення сигнал - шум, далі коректують деталізуючі зображення відповідно до певного коефіцієнта корекції і яскравості апроксимуючих зображень, виконують корекцію крайових артефактів деталізуючих зображень, а після виконання названої

реконструкції зображення виконують масштабування динамічного діапазону вихідного зображення відповідно до динамічного діапазону вихідного цифрового зображення й передачу його на пристрій виводу.

5 Розкладання вихідного цифрового зображення може бути здійснено, наприклад, способом Лапласа або способом вейвлет - перетворення.

Відношення сигналу до шуму може бути визначене за різницею максимального й мінімального значень сигналу для апроксимуючих зображень, по відношенню до величини значення шуму деталізуючи зображень.

10 Корекцію крайових артефактів деталізуючи зображень, виконують за допомогою сигма функції, параметри якої визначають залежно від мінімальних і максимальних значень зображень, що деталізують, і використовуючи значення функції передачі модуляції формувача цифрового зображення у визначенні коефіцієнта корекції частотної характеристики.

15 На фіг. 1-13 показано приклад конкретного виконання, що ілюструє сутність технічного рішення, що заявляється, можливість технічної реалізації й досягнення технічного результату, що заявляється.

На фіг. 1 схематично показана система одержання рентгенівського зображення.

На фіг. 2 представлена перша частина алгоритму.

На фіг. 3 представлена друга частина алгоритму.

На фіг. 4 представлена третя частина алгоритму.

20 На фіг. 5 показане вихідне цифрове зображення.

На фіг. 6-8 показані зображення, оброблені за способом, що заявляється.

На фіг. 9 показано положення фрагмента на зображенні.

На фіг. 10-13 показані фрагменти зображень, оброблені за способом, що заявляється.

25 Як показано на фіг. 1, рентгенівська трубка 1 з коліматором 4 виробляє пучок 3 рентгенівських променів для проходження крізь об'єкт 2, що піддається рентгенівському обстеженню. Випромінювання сприймається формувачем цифрового зображення (детектором) 6, з якого зображення передається на екран монітора.

Далі спосіб реалізують у послідовності операцій (фіг. 2-4), що описана нижче.

30 Визначають функцію передачі модуляції, далі MTF, детектора 6.

Здійснюють введення зображення, що підлягає обробці ("вихідного зображення") (позиція 7 на фіг. 2).

Визначають динамічний діапазон (мінімальний - максимальний) "вихідного" зображення (позиція 8 на фіг. 2).

35 Коректують амплітудну характеристику зображення (опційно) (позиція 9 на фіг. 2). Як спосіб корекції амплітудної характеристики може бути використано логарифмування. Сигнал "вихідного" зображення має вигляд:

$$U=U_0 \times e^{-\mu t}$$

40 де U - "вихідний" сигнал, U₀ - доза, μ - коефіцієнт рентгенівського поглинання матеріалу об'єкта, t - товщина об'єкта. Після логарифмування це рівняння набуває наступного вигляду:

$$\ln U = \mu \times t + \ln U_0$$

Таким чином, вихідний сигнал стає прямопропорційним сумарному значенню коефіцієнта ослаблення рентгенівського випромінювання.

45 Здійснюють розкладання зображення за способом піраміди Лапласа (позиції 10-12 на фіг. 2 і 3), де зображення ділять на низькочастотну (НЧ) (апроксимуючу) частину 11, і високочастотну (ВЧ) (деталізуючу), частину 12. Ці частини, у свою чергу, діляться на НЧ і ВЧ частини й т.д.

Визначають відношення сигналу до шуму (SNR). Розрахунок роблять у такий спосіб (фіг.3):

50 для самого низькочастотного рівня піраміди Лапласа визначають мінімальне (Min) і максимальне (Max) значення сигналу (позиція 13 на фіг. 3); для самого високочастотного рівня піраміди Лапласа визначають стандартне відхилення (що еквівалентно виміру шуму в цьому рівні) (позиція 14 на фіг. 3); відношення "сигнал-шум" (SNR) (позиція 15 на фіг. 3) визначають за наступною формулою:

$$\frac{\text{Max-Min}}{\text{Шум}} = \text{SNR}.$$

Шумозаглушення роблять у такий спосіб: у піраміді Лапласа в кожному рівні високочастотну частину піддають обробці (позиція 16 на фіг. 3) окремим алгоритмом шумозаглушення, що може бути заснований на способах вейвлет-перетворення, місцевого середнього (local average), двостороннього перетворень (bilateral), комбінованих способах та ін. Ступінь шумозаглушення може попередньо задаватися в межах 0 % - 100 %.

Підпроцес визначення коефіцієнта корекції частотної характеристики управляється наступними параметрами (позиція 17 на фіг. 3):

а) динамічним діапазоном, до якого обмежують динамічний діапазон зображення відповідно до динамічного діапазону вихідного пристрою (плівковий принтер, комп'ютерний дисплей і т.д.):

б) MTF детектора, за допомогою якого було отримано початкове зображення;

в) ступенем корекції високих частот (HF Gain) (задається в % збільшення / зменшення) (позиція 16 на фіг. 3);

г) розрахованим відношенням "сигнал-шум" (позиція 15 на фіг. 3).

Зображення ВЧ частини на кожному рівні піраміди коректують відповідно до коефіцієнтів корекції частотної характеристики, отриманих на етапі корекції амплітудної характеристики деякою функцією (позиція 9 на фіг.2). Дана корекція задається двома параметрами:

(д) коефіцієнтом корекції, що отриманий при визначенні динамічного діапазону вихідного зображення (позиція 17 на фіг. 3); (є) яскравістю зображення НЧ частини

зображення того ж рівня піраміди (чим більше яскравість, тим менше посилення високих частот, відповідно до деякої функції або лінійною залежністю).

Для запобігання надмірного виділення країв структур на зображенні (крайових артефактів) у кожній ВЧ частині визначають мінімальні й максимальні значення, відповідно до яких визначаються параметри сигма - функції, за допомогою якої проводиться обробка ВЧ частин зображення (позиція 18 на фіг. 3).

Далі виконують зворотну реконструкцію зображення з піраміди Лапласа (позиція 20 на фіг. 3 і 4).

Динамічний діапазон отриманого зображення масштабують відповідно до динамічного діапазону початкового зображення (позиція 21 на фіг. 4).

Оброблене зображення виводять на пристрій виводу (позиція 22 на фіг. 4).

Кращий варіант здійснення винаходу

Можливість досягнення технічного результату проілюстрована на фіг. 5-13. На фіг. 5 показано вихідне цифрове зображення, але на ньому не видно частини кісткової структури (темні місця). На зображенні зі слабкою обробкою (фіг. 6) видно практично всю кісткову структуру. На зображенні з нормальною обробкою (фіг. 7) видні вся кісткова структура й частково м'які тканини. На зображенні із сильною обробкою (фіг. 8) видні вся кісткова структура й практично всі м'які тканини.

На фіг. 9 показане положення фрагмента на знімку.

На фрагменті вихідного зображення (фіг. 10) видні шум і немає деталіровки. На фрагменті зображення зі слабкою обробкою (фіг. 11) вилучено шум і розчищено деталіровку.

На фрагменті зображення з нормальною обробкою (фіг. 12) деталіровка доведена до нормального значення. На фрагменті зображення із сильною обробкою (фіг. 13) детально видно всю кісткову структуру при прийнятному рівні шуму.

Наведені на фіг. 5-13 приклади обробки за допомогою способу, що заявляється, показують вплив двох основних параметрів фільтру. Перший параметр - динамічний діапазон вихідного зображення в умовних цифрах, близьких за змістом до величини $S_{\text{max}}/S_{\text{min}}$, де S_{max} - максимальне значення сигналу на зображенні, S_{min} - мінімальне значення сигналу на зображенні. Діапазон значень: 16-2048.

Другий параметр - ступінь видалення шумів у відсотках. Діапазон значень: 0-100 %. 0 - немає видалення шумів. 100 - всі шуми видаляються.

Параметри для знімків на фігурах відповідно:

1. Слабка обробка: динамічний діапазон вихідного зображення 256, ступінь видалення шумів 30 %;

2. Нормальна обробка: динамічний діапазон вихідного зображення дорівнює 64, ступінь видалення шумів 60 %;

3. Сильна обробка: динамічний діапазон вихідного зображення = 32, ступінь видалення шумів 90 %.

Промислова застосовність

Таким чином, досягається технічний результат винаходу - можливість корекції амплітудної й частотної характеристик зображення, шумозаглушення, можливість видалення впливу розсіяного випромінювання й корекції динамічного діапазону зображення відповідно до динамічного діапазону передбачуваного пристрою виводу.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

10

1. Спосіб корекції цифрового зображення, отриманого за допомогою електромагнітного випромінювання, у тому числі рентгенівського, перетвореного в електричний сигнал і спрямованого на формувач цифрового зображення, який полягає в тому, що виконують пірамідальне розкладання початкового цифрового зображення на деталізуючі і апроксимуючі зображення, видаляють розсіяне випромінювання в апроксимуючій частині зображень, здійснюють процес підвищення контрасту для деталізуючих зображень, поєднують оброблені деталізуючі і апроксимуючі зображення, виконують наступну реконструкцію й формують кінцеве зображення, який **відрізняється** тим, що перед названою операцією розкладання визначають динамічний діапазон зображення й здійснюють корекцію амплітудної характеристики, а після названої операції розкладання визначають відношення сигналу до шуму, здійснюють шумозаглушення в деталізуючих зображеннях, виконують корекцію деталізуючих зображень відповідно до коефіцієнта корекції частотної характеристики, який визначають із урахуванням динамічного діапазону вихідного пристрою, функції передачі модуляції формувача початкового цифрового зображення, заданого ступеня корекції деталізуючих зображень і отриманого співвідношення сигнал-шум, далі коректують деталізуючі зображення відповідно до певного коефіцієнта корекції і яскравості апроксимуючих зображень, виконують корекцію крайових артефактів деталізуючих зображень, а після виконання реконструкції зображення виконують масштабування динамічного діапазону вихідного зображення відповідно до динамічного діапазону початкового цифрового зображення й передачу його на пристрій виводу.

30

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що розкладання початкового цифрового зображення здійснюють способом піраміди Лапласа.

3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що розкладання початкового цифрового зображення здійснюють способом вейвлет-перетворення.

35

4. Спосіб за п. 2 або 3, який **відрізняється** тим, що відношення сигналу до шуму визначають за різницею між максимальним й мінімальним значеннями сигналу для апроксимуючих зображень, віднесеною до величини значення шуму деталізуючих зображень.

40

5. Спосіб за п. 4, який **відрізняється** тим, що корекцію крайових артефактів деталізуючих зображень виконують за допомогою сигма-функції, параметри якої визначають залежно від мінімальних і максимальних значень деталізуючих зображень та використовуючи значення функції передачі модуляції формувача цифрового зображення у визначенні коефіцієнта корекції частотної характеристики.

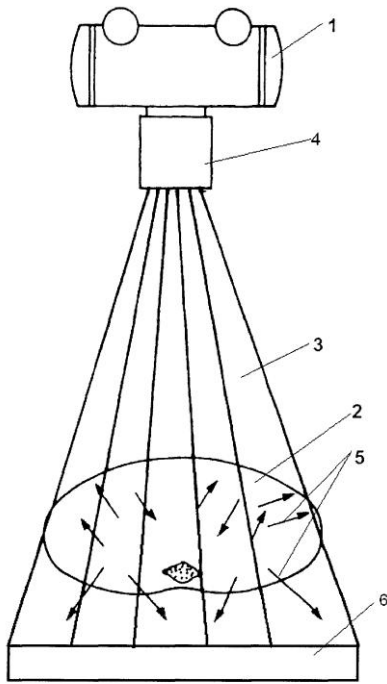


Fig. 1

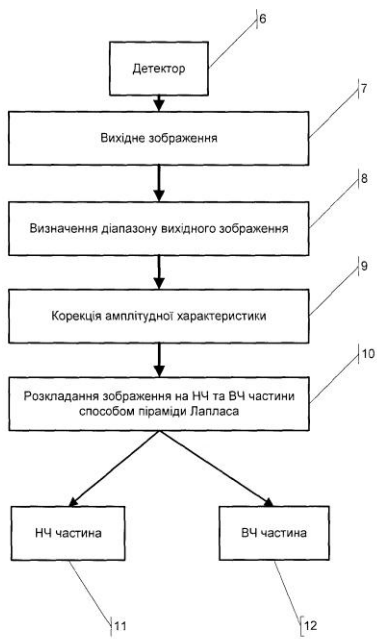
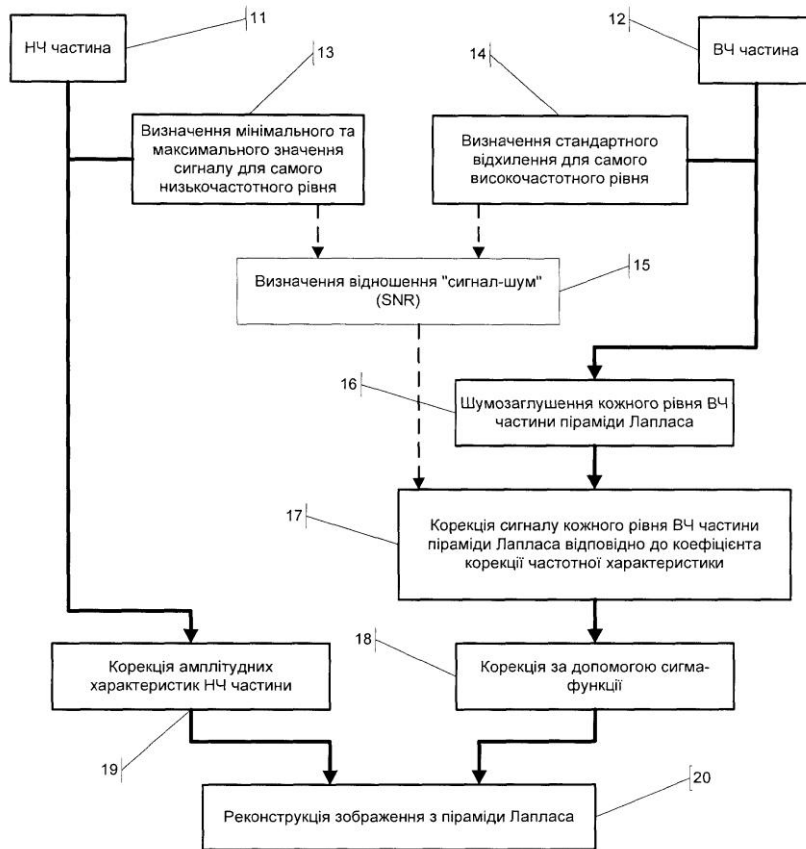


Fig. 2



Фіг. 3



Fig. 4

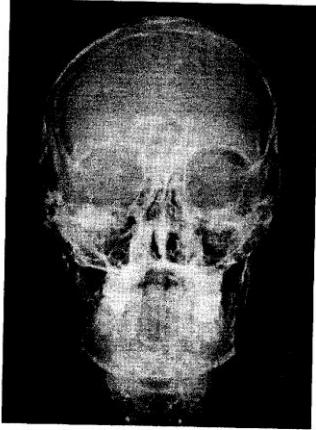


Fig. 5

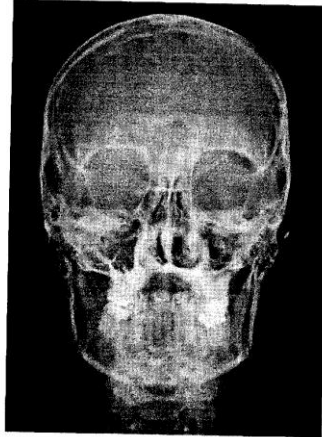


Fig. 6

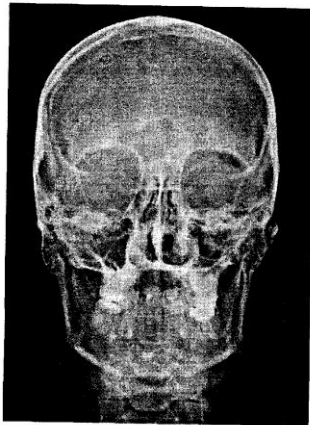


Fig. 7

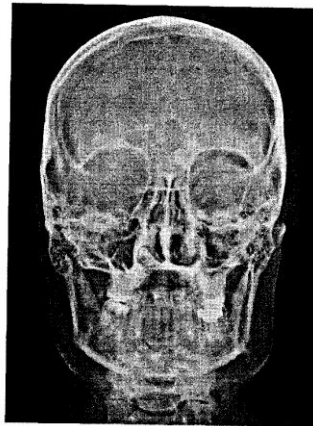


Fig. 8

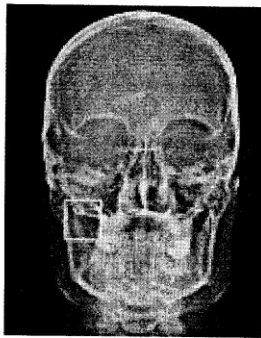


Fig. 9



Fig. 10

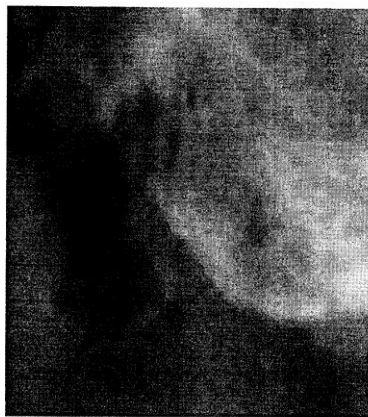


Fig. 11



Fig. 12

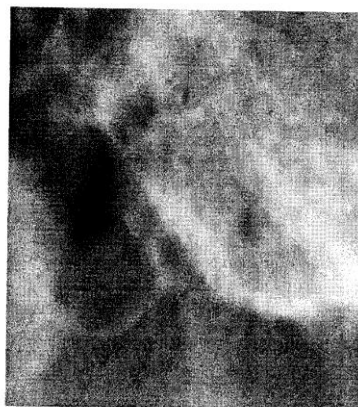


Fig. 13

Комп'ютерна верстка І. Скворцова

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601